

# SIFAT FISIKOKIMIA DAN SENSORIS ROTI HASIL SUBSTITUSI PATI GANYONG YANG DIMODIFIKASI MELALUI IRRADIASI SINAR UV-C

Iffah Muflihati, Arief Rakhman Affandi, M. Khoiron Ferdiansyah, Visca Claudi Erezka, Wahyu Pramitasari, Anggun Desiana Sofa

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
Jl. Sidodadi Timur No.24, Dr. Cipto Semarang Telp. (024) 8316377  
Email : [iffahmuflihati@upgris.ac.id](mailto:iffahmuflihati@upgris.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh oksidasi pati ganyong melalui iradiasi UV-C terhadap karakteristik roti yang dihasilkan. Pati ganyong dengan ukuran partikel 80 mesh hasil ekstraksi dari umbi ganyong diirradiasi dalam tumbler UV-C selama 10 menit dengan variasi intensitas penyinaran UV-C 20, 40, dan 60 watt. Pati ganyong hasil oksidasi selanjutnya diaplikasikan dalam pembuatan roti melalui substitusi dengan gandum sebesar 30:70 dan 70:30. Analisis yang dilakukan meliputi analisis volume pengembangan, tekstur, proksimat, dan sensoris. Hasil menunjukkan bahwa oksidasi pati ganyong akan menghasilkan roti dengan volume pengembangan yang lebih besar. Oksidasi cenderung mampu menghasilkan roti dengan kekerasan yang lebih tinggi daripada kontrol. Pengujian proksimat roti menunjukkan hasil yang berbeda pada tiap perlakuan. Uji sensoris secara hedonik menunjukkan bahwa panelis cenderung menyukai roti dari pati ganyong hasil modifikasi jika dibandingkan dengan kontrol.

**Kata kunci :** pati, oksidasi, intensitas, iradiasi, volume pengembangan

## Abstract

*The aim of this study is to investigate the oxidation effect of canna starch by applying UV-C irradiation. The characteristic of bread resulted from the treated canna starch is investigated in detail. We obtained the canna starch in 80-mesh particle size. The canna starch was then irradiated under UV-C tumbler for about 10 minutes under different intensities : 20, 40, and 60 watt. Samples and wheat are mixed by the ratio 30:70 and 70:30 which are used to make breads. In total we have 6 samples that were evaluated using several types of analysis such as volume expansion, texture, proximate, and sensory analyses. The results show that the oxidated canna starch increased the volume of bread. Compared to control, bread resulted from oxidated canna starch has harder texture. On the other hand, the proximate analysis on the different samples are varied depending on the treatment. In sensory analysis which was perform using hedonic test, the result shows that panelists prefer the bread resulted from oxidized canna starch.*

**Keywords :** starch, oxidation, intensity, irradiation, volume expansion

## 1. PENDAHULUAN

Roti merupakan salah satu jenis produk pangan yang sangat dikenal dan dikonsumsi secara global, serta merupakan salah satu bentuk bahan makanan olahan kuno yang terbuat dari sereal. Pada beberapa jenis roti, gandum merupakan bahan baku utama yang paling sesuai dalam pembuatan roti dengan adanya penambahan yeast (ragi), yang dianggap rendah lemak dan merupakan sumber karbohidrat kompleks (Symons dan Brennan, 2004). Gandum sangat berperan pada pembentukan sifat fisik roti yang dihasilkan, dimana roti akan memiliki volume pengembangan yang lebih besar karena kandungan gluten yang ada pada gandum.

Untuk mendukung ketahanan pangan di Indonesia, maka penggunaan gandum pada produk roti dapat dikurangi dengan memanfaatkan komoditas lokal seperti umbi-umbian. Salah satu umbi yang potensial

untuk diolah menjadi produk pangan adalah umbi ganyong yang diekstrak patinya. Menurut Richana dan Sunarti (2004), kadar amilosa pada pati ganyong sebesar 8,9%, sedangkan kadar amilopektinnya sebesar 81,9%. Beberapa penelitian pernah dilakukan dalam pengolahan ganyong menjadi produk olahan pangan seperti pasta ganyong (Muliawanti dan Puspitorini, 2017), *cookies* dan cendol (Harmayani, *et al.*, 2011), *cake* (Fitriani, 2013), beras analog (Abeldiba, 2017), dan *brownies* (Fathullah, 2013).

Kekurangan pati ganyong dibandingkan gandum adalah tidak terkandungnya gluten pada ganyong sehingga jika diaplikasikan pada roti akan berdampak pada volume pengembangannya yang rendah. Pati ganyong memiliki sifat pasta yang cenderung stabil pada suhu tinggi, cenderung mudah mengalami retrogradasi (Thitipranphunkul *et al.*, 2003), dan juga

cenderung tahan terhadap hidrolisis enzim (Hung dan Morita, 2005).

Solusi yang dapat ditawarkan untuk mengatasi sifat fisik pati ganyong adalah melalui modifikasi pati. Beberapa modifikasi pada beberapa jenis pati pernah dilakukan seperti heat moisture treatment (HMT) pada pati ketan (Muflihati *et al.*, 2015), dan HMT pada pati ganyong (Juansang *et al.*, 2012). Sedangkan aplikasi oksidasi pada pati singkong diantaranya menggunakan peroksida (Parovouri *et al.*, 1995; Tavares *et al.*, 2010; Sangseethong *et al.*, 2010), penambahan asam laktat, asetat, dan butirir (Camargo *et al.*, 1988; Plata-Oviedo dan Camargo, 1998), serta modifikasi menggunakan UV-C (Bertolini *et al.*, 2001).

Modifikasi pati menggunakan UV-C dapat dilakukan dengan lampu UV-C yang disinarkan pada pati yang akan dimodifikasi sehingga akan mengubah struktur pati tersebut. Belum banyak penelitian yang memodifikasi pati ganyong melalui reaksi oksidasi menggunakan lampu UV-C dan pengaruhnya terhadap produk roti yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh oksidasi pati ganyong melalui irradiasi UV-C terhadap karakteristik roti yang dihasilkan. Dengan berubahnya karakteristik pati sebagai hasil oksidasi dengan UV-C diharapkan akan berdampak pada sifat roti yang dihasilkan, terutama volume pengembangannya.

## 2. BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan utama yang digunakan yaitu umbi ganyong (*Canna edulis* Kerr.) varietas ganyong putih. Bahan lain yang digunakan yaitu gandum, gula, margarin, telur, dan air. Bahan kimia yang digunakan merupakan bahan kimia pro-analisis.

### Alat

Alat utama yang digunakan untuk penelitian ini yaitu seperangkat *tumbler* UV-C yang berisi tiga buah lampu UV-C dengan intensitas masing-masing 20 watt, beserta peralatan penggerakannya untuk menggerakkan *tumbler* sehingga *tumbler* berputar. Selain itu juga digunakan peralatan untuk ekstraksi pati, pembuatan roti, dan peralatan untuk analisis.

### Metode

#### Ekstraksi pati ganyong

Ekstraksi pati ganyong dilakukan melalui tahapan pembuatan pati secara umum. Tahap pertama yaitu pengupasan ganyong dari kulitnya. Selanjutnya dilakukan pencucian untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel pada umbi ganyong. Pamarutan dilakukan untuk mengecilkan ukuran umbi

sehingga lebih mudah diekstraksi. Parutan umbi ganyong selanjutnya ditambah air, kemudian diendapkan hingga air berwarna bening. Hasil endapan selanjutnya dikeringkan pada kabinet dryer dengan suhu 60°C untuk mengurangi kadar air. Penghalusan dilakukan untuk memperkecil ukuran partikel pati ganyong sehingga lolos pada ayakan 80 mesh.

#### Oksidasi pati ganyong

Oksidasi pati ganyong dilakukan dengan memasukkan pati ganyong ke dalam *tumbler* UV-C kemudian dilakukan pemutaran *tumbler* sehingga proses oksidasi berjalan sempurna karena lampu akan lebih intensif kontak dengan pati ganyong yang disinari. Besaran intensitas lampu UV-C yang digunakan berdasarkan perlakuan yaitu 20, 40 dan 60 watt. Lama waktu penyinaran yang dilakukan yaitu 10 menit.

#### Pembuatan roti

Roti dibuat dengan perbandingan antara pati ganyong dan gandum yaitu 30:70 dan 70:30. Setelah semua bahan pembuatan roti sesuai dengan formulasi dicampur, selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 180°C selama 20 menit.

#### Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi analisis volume pengembangan dengan metode Demiate *et al.* (2000) dengan modifikasi. Selain itu juga dilakukan analisis tekstur, proksimat, dan analisis sensoris dengan uji hedonik. Uji hedonik dilakukan terhadap 30 panelis tidak terlatih, dengan rentang skala tingkat kesukaan 1 sampai 5.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume pengembangan

Hasil analisis volume pengembangan roti tersubstitusi pati ganyong dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa perlakuan penyinaran dengan sinar UV-C dapat mempengaruhi volume pengembangan roti yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil analisis volume pengembangan

Sampel	Volume pengembangan
	(ml/g)
Kontrol	8.24
20W;30PG:70TG	9.31
40W;30PG:70TG	9.64
60W;30PG:70TG	11.62
20W;70PG:30TG	10.31
40W;70PG:30TG	13.88
60W;70PG:30TG	3.74

**Keterangan:** TG = % Tepung Gandum ; PG = % Pati Ganyong ; W = intensitas penyinaran UV-C

Volume pengembangan menunjukkan seberapa besar peningkatan volume produk setelah dipanggang. Volume pengembangan dinyatakan dalam volume spesifik dengan satuan ml/g. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa oksidasi pati ganyong menggunakan sinar UV-C dapat meningkatkan volume pengembangan roti yang dihasilkan. Proses oksidasi umumnya akan menghasilkan gugus karboksil. Menurut Demiate *et al.* (2000), adanya gugus karboksil akan memberikan daya pengembangan yang besar. Sedangkan menurut Wang dan Wang (2003) naiknya volume pengembangan berhubungan dengan pembentukan gugus karbonil dan karboksil selama oksidasi. Hal tersebut akan berakibat pada kenaikan kemampuan masuknya air (hidrasi) dari molekul pati yang teroksidasi.

Bertolini *et al.* (2000) dalam penelitiannya terhadap pati singkong yang dioksidasi dengan UV-C menyatakan bahwa mekanisme pengembangan pati singkong mirip dengan mekanisme pada produk-produk hasil ekstrusi. Penguapan air menyebabkan tekanan yang menghasilkan pengembangan sel, yang dalam hal ini dipengaruhi oleh viskositas adonan pati. Dengan demikian karakteristik pati yang melibatkan peranan air, dalam hal ini pembengkakan granula dan kelarutan pati memberikan kontribusi yang cukup penting terhadap kemampuan pengembangan pati singkong selama proses pemangangan.

Hasil yang didapat menunjukkan bahwa penyinaran pati ganyong dengan lampu UV-C menghasilkan roti dengan volume pengembangan yang lebih besar. Kenaikan intensitas penyinaran akan meningkatkan volume pengembangan. Hal ini terjadi pada semua sampel, kecuali pada sampel dengan intensitas penyinaran 60 watt dan rasio pati ganyong teroksidasi dan terigu sebesar 70:30. Volume pengembangan menunjukkan hasil yang kecil. Hal ini dapat disebabkan karena adanya kemungkinan oksidasi lebih lanjut pada pati ganyong. Pada tingkatan oksidasi yang lebih tinggi, pati akan mengalami penurunan dalam memerangkap air. Kerusakan struktur pati juga akan menyebabkan adonan tidak mengembang besar, karena tidak mempunyai permukaan yang kuat untuk mempertahankan udara pada saat dipanggang. Semakin banyak air yang dapat diperangkap oleh tepung maka pengembangan yang diperoleh akan semakin besar.

## Tekstur

Tabel 2. Hasil analisis tekstur

Sampel	Hardness (g)
Kontrol PG	652.5
20W;30PG:70TG	858.17
40W;30PG:70TG	1481
60W;30PG:70TG	2652.5

20W;70PG:30TG	3176.67
40W;70PG:30TG	2568.75
60W;70PG:30TG	3337.5

**Keterangan:** TG = % Tepung Gandum ; PG = % Pati Ganyong ; W = intensitas penyinaran UV-C

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian tekstur pada roti hasil substitusi pati ganyong teroksidasi dengan tepung gandum masing-masing 30:70 dan 70:30. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kekerasan roti mengalami peningkatan seiring dengan tingkatan oksidasi. Semakin banyak jumlah pati ganyong teroksidasi yang digunakan, semakin tinggi kekerasan yang dihasilkan. Hal tersebut sejalan dengan peningkatan intensitas UV-C yang digunakan pada proses oksidasi.

Kekerasan roti yang semakin meningkat seiring penurunan jumlah tepung gandum yang ditambahkan mengindikasikan bahwa penggunaan tepung gandum akan menurunkan kekerasan roti yang dihasilkan. Adapun penggunaan pati ganyong dengan jumlah yang semakin besar akan meningkatkan kekerasan roti. Kekerasan yang dihasilkan roti kemungkinan disebabkan oleh adanya retrogradasi pati. Menurut Damat *et al.* (2017), retrogradasi pada komponen amilopektin akan mengakibatkan kristalisasi sehingga terjadi peningkatan kekerasan crumb. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Mojiono *et al.* (2012), gluten pada gandum akan mempengaruhi tekstur karena bersifat elastis sehingga kekerasan pada roti akan lebih rendah. Gluten mampu membentuk struktur adonan sehingga akan mengalami koagulasi saat adonan dipanggang. Hal tersebut berakibat pada tekstur yang lebih tegar dan akan mencegah roti mengempis (Damat *et al.*, 2012).

Dias *et al.* (2011) dalam penelitiannya pada biskuit dari pati singkong teroksidasi menyatakan bahwa tingginya spesifik volume tidak menjamin terbentuknya tekstur yang diinginkan. Tingkat kekerasan yang tinggi umumnya berasal dari biskuit dengan volume spesifik yang rendah, namun hasil menunjukkan bahwa biskuit yang memiliki volume spesifik yang tinggi tidak memberikan tekstur yang renyah dan tidak mudah patah sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi.

## Proksimat

Tabel 3. Hasil analisis proksimat

Sampel	Karbohidrat (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Air (%)	Abu (%)
Kontrol	54.37	5.19	8.07	30.87	1.47
20W;30PG:70TG	57.71	5.19	6.07	30.23	0.78
40W;30PG:70TG	57.92	4.2	10.42	26.72	0.71
60W;30PG:70TG	62.61	6.79	6.27	23.61	0.69

Sampel	Karbohidrat (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Air (%)	Abu (%)
20W;70PG:30TG	61.62	3.88	15.28	18.6	0.61
40W;70PG:30TG	61.21	3.75	13.7	20.65	0.66
60W;70PG:30TG	61.44	4.06	12.42	21.2	0.85

**Keterangan:** TG = % Tepung Gandum ; PG = % Pati Ganyong ; W = intensitas penyinaran UV-C

Hasil analisis proksimat roti tersubstitusi pati ganyong termodifikasi dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa proses oksidasi cenderung akan menaikkan kadar karbohidrat pada roti. Kadar karbohidrat tertinggi dicapai oleh intensitas penyinaran 60 watt dengan rasio pati ganyong termodifikasi dan tepung gandum sebesar 30:70. Berdasarkan hasil yang didapat dari Tabel 4, kadar lemak, protein, dan air pada roti menunjukkan angka yang bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses oksidasi pada pati ganyong tidak terlalu berpengaruh terhadap kadar lemak, protein, dan air yang dihasilkan. Kadar abu pada semua perlakuan menunjukkan hasil yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada saat proses oksidasi ada sebagian mineral yang hilang sehingga kadarnya menurun.

#### Sensoris

Tabel 4. Hasil uji sensoris

Sampel	Warna	Rasa	Aroma	Tekstur
Kontrol	2.25	3.15	2.85	2.40
20W;30PG:70TG	2.55	4.00	3.25	3.60
40W;30PG:70TG	3.70	3.75	3.50	4.50
60W;30PG:70TG	3.25	4.05	3.80	4.45
20W;70PG:30TG	3.65	4.45	3.65	5.20
40W;70PG:30TG	4.35	4.00	3.50	4.70
60W;70PG:30TG	4.20	4.50	4.15	5.20

**Keterangan:** TG = % Tepung Gandum ; PG = % Pati Ganyong ; W = intensitas penyinaran UV-C

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian sensoris dengan uji kesukaan meliputi atribut warna, rasa, aroma, dan tekstur. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa panelis cenderung menyukai roti dari pati ganyong termodifikasi. Jika dibandingkan dengan kontrol, nilai untuk sampel yang lain menunjukkan hasil yang lebih tinggi. Substitusi roti dengan pati ganyong dengan rasio yang lebih besar cenderung disukai oleh panelis untuk semua atribut penilaian. Peningkatan intensitas lampu UV-C menghasilkan roti yang lebih disukai oleh panelis.

#### 4. KESIMPULAN

Pati ganyong dapat dimodifikasi melalui iradiasi sinar UV-C yang dapat dilakukan melalui penyinaran lampu dengan berbagai intensitas. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa oksidasi pada pati ganyong akan meningkatkan volume pengembangan roti, dengan nilai pengembangan terbesar pada penggunaan intensitas lampu 40 watt dengan perbandingan pati ganyong dan tepung gandum termodifikasi sebesar 70:30. Proses oksidasi juga akan meningkatkan kekerasan roti, dengan nilai terbesar dicapai oleh sampel dengan intensitas penyinaran 60 watt, dan rasio pati ganyong : tepung gandum sebesar 70:30. Proses oksidasi akan berpengaruh terhadap kadar proksimat sampel. Roti yang dibuat dari pati ganyong teroksidasi dengan rasio dan intensitas penyinaran yang lebih besar cenderung lebih disukai oleh panelis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas PGRI Semarang atas didanainya Program Penelitian Dosen Pemula tahun 2017.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abeldiba, B.N., 2017. Kajian perbandingan tepung umbi ganyong (*Canna edulis* Kerr.) dengan hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L.) dan suhu pengeringan terhadap karakteristik beras analog. *Tugas Akhir*. Universitas Pasundan.
- Bertolini, A.C., Mestres, C., dan Colonna, P. 2000. Rheological properties of acidified and UV-irradiated starch. *Starch/ Starke* 52: 340-344.
- Bertolini, A.C., Mestres, C., Colonna, P., dan Raffi, J. 2001. Free radical formation in UV-and gamma-irradiated cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 44: 269-271.
- Carmago, C., Colon, P., Buleon, A., dan Molard, D. R. 1988. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. *J. Food Sci Agric*, 45: 273-289.
- Damat, Ta'in, A., Handjani, H., Chasanah, U., DwiSiskawardani D., 2017. Karakterisasi roti manis dari pati garut termodifikasi dengan penambahan emulsifier lesitin. *Prosiding Seminar Nasional FKPT-TPI 2017*: 65-76
- Demiante, L.M., Dupuy, N., Huvenne, J.P., Cereda, M.P., dan Wosiacki, G. 2000. Relationship Between Baking Behaviour of Modified Cassava Starches and Starch Chemical Structure Determined by FTIR Spectroscopy, *Carbohydrate Polymers*, 42: 149-158.

- Dias, A.R.G., Zavareze, E.R., Helbig, E., de Moura, F.A., Vargas, C.G. dan Ciacco, C.F. 2011. Oxidation of fermented cassava starch using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers* 86:185–191.
- Fathullah, A., 2013. Perbedaan brownies tepung ganyong dan brownies tepung terigu ditinjau dari kualitas inderawi dan kandungan gizi. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Fitriani, U.W., 2013. Pengaruh substitusi tepung ganyong terhadap kualitas cake ganyong wortel. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Harmayani, E., Murdiyati, A., Griyaningsih, 2011. Karakterisasi pati ganyong (*Canna edulis*) dan pemanfaatannya sebagai bahan dalam pembuatan cookies dan cendol. *Agritech*, 31: 297-304
- Hung, P. V., & Morita, N., 2005. Physicochemical properties and enzymatic digestibility of starch from edible canna (*Canna edulis*) grown in Vietnam. *Carbohydrate Polymers*, 61: 314–321.
- Juansang, J., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., Pancha-arnon, S. dan Uttapap, D., 2012. Effect of gelatinization on slowly digestible starch and resistant starch of heat-moisture treated and chemically modified canna starches. *Food Chemistry*, 131: 500-507.
- Mojiono, Jailani, F., Kusumawardani, S., Puspitasari, C., Maula, A., Purwandari, U., 2012. Modifikasi fisik (annealing) tepung uwi ungu untuk roti tawar tersubstitusi dan indeks glikemiknya. *Prosiding Seminar Nasional : Kedaulatan Pangan dan Energi*, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura.
- Muflihati, I., Lukitawesa, Narindri, B., Afriyanti, Mailia, R., 2015. Efek substitusi tepung terigu dengan pati ketan terhadap sifat fisik cookies. *Prosiding Seminar Nasional Universitas PGRI Yogyakarta* : 355-359
- Muliawanti, N.N., dan Puspitorini, A., 2017. Komposisi tepung komposit (pati ganyong-terigu) dan penambahan puree wortel pada hasil jadi pasta ganyong (*Canna edulis* Kerr) Fusilli. *Jurnal Gastronomi*, 1 : 27-32
- Parovuori, P., Hamunen, A., Forssell, P., Autio, K. dan Poutanen, K. 1995. Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Starch/Starke*, 47: 19–23.
- Plata-Oviedo, M. dan Camargo, C. 1998. Effect of acid treatments and drying processes on physico-chemical functional properties of cassava starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77: 103-108.
- Richana, N., dan Sunarti, T.C., 2004. Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubi kelapa, dan gembili. *J. Pascapanen* 1: 29-37
- Sangseethong, K., Termvejsayanon, N., dan Sriroth, K. 2010. Characterization of physicochemical properties of hypochlorite and peroxide-oxidized cassava starches. *Carbohydrate Polymers*, 82: 446–453.
- Symons LJ, Brennan CS., 2004. The influence of (1→3)(1→4)-β-Dglucan-rich fractions from barley on the physicochemical properties and in vitro reducing sugar release of white wheat breads. *J. Food Sci.*, 69: C463-C467
- Tavares, A.C.K. Zavareze, E., E. Zanatta, E.R.. Helbig, dan Dias, A.R.G. 2010. The effect of acid and oxidative modification on the expansion properties of rice flour with varying levels of amylose. *LWT-Food Science and Technology*, 43: 1213-1219.
- Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., & Takeda, Y., 2003. A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 53: 317–324.
- Wang, Y.J. dan Wang, L. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starch oxidized by different level of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*, 52: 207-217.